

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**Bescheinigung****PRIORITY DOCUMENT**

Die DeTeLine Deutsche Telekom Kommunikationsnetze GmbH in Bonn/Deutschland hat eine Patentanmeldung unter der Bezeichnung

"Verfahren zur Erzeugung eines Netzes"

am 6. Januar 1997 beim Deutschen Patentamt eingereicht.

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patentamt vorläufig die Symbole G 06 F, H 04 B und H 04 L der Internationalen Patentklassifikation erhalten.

München, den 20. Januar 1998

Der Präsident des Deutschen Patentamts

Im Auftrag

Sieck

Zeichen: 197 00 148.3

BEST AVAILABLE COPY

06.01.1997

GE 56785 B

DeTeLine

Deutsche Telekom Kommunikationsnetze GmbH

Kapuzinerstraße 13

D-53111 Bonn

Verfahren zur Erzeugung eines Netzes

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erzeugung und Optimierung eines Netzes, insbesondere eines Telekommunikations-, Wasser- oder Fernwärmeversorgungs- oder Stromnetzes.

Die Erstellung von Versorgungs-, Telekommunikations- oder z.B. Computernetzen ist, sofern die Netze eine gewisse Größe überschritten haben, für einen Menschen nur noch sehr schwer per Hand zu bewerkstelligen. In erster Linie kommt es daher bei der Erstellung des Netzes auf dessen Funktionstüchtigkeit an. Eine Optimierung ist, sofern das Netz einmal erstellt ist, nur noch punktuell möglich. Grobe Fehler lassen sich nachträglich meist nicht mehr beheben.

Je nach Art und Aufbau des Netzes können unterschiedlichste Technologien zum Einsatz kommen. Meist stehen dem Netzplaner mehrere Komponenten zur Lösung eines Teilproblems des Netzes zur Verfügung. Bei einem Telekommunikationsnetz hat der Netzplaner unter anderem die Entscheidung zu treffen, ob für eine bestimmte Verbindung ein Kupfer- oder ein Glasfaserkabel Verwendung finden soll. Zudem hat er die Auswahl zwischen den unterschiedlichsten Typen von Kupfer- und Glasfaserkabeln, die sich in ihrer Kapazität, d.h., in ihrer Übertragungsrate und

Anzahl der Leitungen pro Kabel, sowie ihrer maximal möglichen Übertragungreichweite voneinander unterscheiden.

Das Erstellen eines Netzplans für ein Telekommunikationsnetz, welches ein bestimmtes Gebiet versorgen soll, wird bisher von erfahrenen Netzplanern fast ausschließlich per Hand durchgeführt. Wie oben aufgeführt, steht bei der Erstellung die Funktionstüchtigkeit des Netzes im Vordergrund. Ein Netz, welches technisch optimiert und möglichst kostengünstig in seinem Aufbau ist, kann mit den bisher bekannten Netzerstellungsverfahren nicht erstellt werden.

Nachfolgend wird das herkömmliche Erstellungsverfahren für ein Telekommunikationsnetz beschrieben, wobei nur die wesentlichen Prinzipien erläutert werden. In Figur 1 ist ein Gebiet 1 mit einzelnen Häuserblöcken 2 dargestellt, welches von einer Vermittlungsstelle (HVK) 7 aus versorgt werden soll. Die Häuserblöcke 2 weisen einzelne Verbraucher 3, deren Bedarf 4 an Telefonleitungen angegeben ist. Aus Gründen der Anschaulichkeit soll hier darauf verzichtet werden, daß die Verbraucher 3 neben Telefonleitungen auch noch andere Dienste anfordern. Die Häuserblöcke 2 sind durch Straßen 5 und Straßenkreuzungen 6 voneinander getrennt. Wie in Figur 2 dargestellt, unterteilt der Netzplaner das Gebiet 1 aufgrund der in der Vergangenheit vom Netzbetreiber erarbeiteten Planungsregeln und seines Erfahrungsschatzes in Bereiche A bis E auf, wobei meist mehrere Häuserblöcke z.B. A1 und A2 zu einem Bereich zusammengefaßt werden. Diese Bereiche werden nachfolgend Kabelverzweigungsbereiche oder KVz-Bereiche genannt. Die Unterteilung in die KVz-Bereiche erfolgt dabei in Abhängigkeit der einzusetzenden Technologie und in Abhängigkeit der von den einzelnen Ländern festgelegten Kabeltypolgien. Die Technologie bestimmt dabei die maximale und optimale Größe der einzelnen KVz-Bereiche. Im vorliegenden Fall hat sich der Netzplaner z.B. für Kupferkabel entschieden, wobei ein Kupferkabel verschiedene Paarigkeiten, z.B. 10, 20, 50, 75, 100, 150 oder 200 Kupferdoppeladern (CuDA) haben kann. Die Übertragungreichweite der Kupferkabel ist für alle Verbraucher ausreichend und die maximale Kapazität eines KVz's (Kabelverzweigers) 8 möge 100

Kupferdoppeladern betragen. Anschließend legt der Netzplaner die Standorte der KVz's 8 ($KVz_A - KVz_E$) fest, von denen aus die Verzweigungskabel (VzK) mit den Telefonleitungen, wie in Figur 3 dargestellt, entlang der möglichen Trassen, d.h., entlang der Bürgersteige und unter den Straßenkreuzungen 11 zu den einzelnen Verbrauchern 3 geführt werden. Die in Hauptkabeln (Hk) 9 gebündelten Telefonleitungen des jeweiligen Bereichs werden vom KVz 8 des Bereichs direkt zur Vermittlungsstelle 7 geführt. Dabei werden die Kabel 9 möglichst in schon vorhandenen Kabeltrassen der anderen Bereiche geführt, um Kabelverlegungskosten zu sparen.

Wie der Figur 2 zu entnehmen ist, muß der Bereich A mit mindestens 68 Telefonleitungen, der Bereich B mit mindestens 72, der Bereich C mit mindestens 78, der Bereich D mit mindestens 57 und der Bereich E mit mindestens 49 Telefonleitungen versorgt werden. Dies bedeutet, daß in den einzelnen Bereichen mehrere Kupferverzweigungskabel (Cu-VzK) verlegt werden müssen, deren Ausnutzung einerseits von der Anzahl der benötigten Kupferdoppeladern (CuDA) und andererseits von der Typologie der Kabel abhängig ist. So wird z.B. für die eine Häuserblockseite des Häuserblocks A1 ein Cu-VzK mit 20 CuDA und für die andere Häuserblockseite ein Cu-VzK mit 50 CuDA benötigt. Hieraus ergeben sich bedingt durch die KVz-Bereichseinteilung unterschiedliche Füllungsgrade der Kupferverzweigungskabel Cu-VzK.

Die auf diese Weise gebildeten KVz-Bereiche müssen nun über sogenannte Hauptkabel (Hk) 9 mit der Vermittlungsstelle (HVK) 7 verbunden werden. So wird z.B. zur Versorgung des KVz-Bereiches E ein Hk mit netto 49 CuDA benötigt. Das vorzugsweise zu verwendende Hk mit der nächst höheren Paarigkeit von 50 CuDA ist somit zu 98% ausgenutzt. Der Planer hat nun zwei Möglichkeiten das Hk des Bereichs E zur Vermittlungsstelle 7 zu führen. Dabei führt er das Hk entlang von Trassen zu einem KVz eines der Vermittlungsstelle näher gelegenen Bereichs A oder D, um eventuell das Hk des Bereichs E mit den Hk's anderer Bereiche in ein Hk größerer Kapazität oder anderer Technik, z.B. Glasfaser, zu überführen. So kann der Planer entweder das

Hk des Bereichs E zum KVz des Bereichs D oder A führen. Im ersten Fall muß das Hk, welches von der Vermittlungsstelle 7 zum KVz des Bereiches D führt eine Mindestkapazität von 106 CuDA (Bereich E 49 CuDA und Bereich D 57 CuDA) haben. Im zweiten Fall muß das Hk, welches von der Vermittlungsstelle 7 zum KVz des Bereiches A führt eine Mindestkapazität von 117 CuDA (Bereich E 49 CuDA und Bereich A 68 CuDA) haben. Da jedoch kein Cu-Kabel mit 117 oder 109 CuDA zur Verfügung steht, muß das Cu-Kabel mit der nächst höheren Kapazität, also 150 CuDA gewählt werden. Im ersten Fall beträgt bei einem Cu-Kabel mit 150 CuDA der Ausnutzungsgrad des Hk's 70,67% im zweiten Fall 78%. Für die Auswahl der optimalen Netzvariante müssen nun die Kosten von beiden Wegen berechnet werden. Dieses Verfahren wird für alle KVz-Bereiche fortgeführt.

Es ist offensichtlich, daß für die optimale Netzgestaltung, alle möglichen Kombinationen für die Bereichsabgrenzung und der Trassenführung der Hk's betrachtet werden müssen. Eine falsche Wahl der Bereichsgrenzen der KVz-Bereiche schon zu Beginn der Netzplanung führt zu Folgefehlern, die nachträglich nicht mehr behebbar sind.

Da zudem die manuelle Erstellung eines größeren Netzes mehrere Wochen dauern kann, und Netze oft unter erheblichem Zeitdruck erstellt werden müssen, ist es meist nicht möglich, Alternativlösungen bzgl. der Bereichsfestlegung zu erstellen. Eine Optimierung hinsichtlich einer guten Auslastung des Netzes und Kostenminimierung findet daher nicht statt.

Es ist daher sehr unwahrscheinlich, daß der Netzplaner mit der vorbeschriebenen Methode gerade die Netzvariante erstellt, deren Kosten minimal ist und deren Wirtschaftlichkeit besonders hoch ist.

Aufgabe der Erfindung ist daher, ein Verfahren bereitzustellen, mittels dem sich in kürzester Zeit bei geringem Arbeitsaufwand ein kostengünstiges Netz hoher Funktionstüchtigkeit und Leistungsausnutzung erzeugen läßt.

Diese Aufgabe wird erfinderisch gelöst, indem in einem ersten Verfahrensschritt ein Graph bestehend aus Kanten und Knoten generiert wird, wobei der Graph alle technisch möglichen und/oder vorgebbaren Verbindungswege des Netzes umfaßt, und sich die Länge und Richtung der Kanten aus der realen Topographie der Straßenabschnitte und vorgebbaren Netzleitungswege des mittels des Netzes zu versorgenden Gebiets ergibt, und die Knoten die Kreuzungspunkte der Kanten bzw. der Straßen und/oder Netzleitungswege sind; und in einem zweiten Verfahrensschritt die Verbraucher des Gebiets dem Graphen zugeordnet werden, derart, daß jeder Verbraucher durch eine zusätzliche Verbraucherkante mit der nächstliegenden Kante oder dem nächstliegenden Knoten des Graphen verbunden wird; und in einem dritten Verfahrensschritt ein möglichst kostengünstiger Baum durch Eliminieren nicht benötigter Kanten aus dem Graphen generiert wird, derart, daß zwischen dem Hauptverteilerknoten und jedem Verbraucher nur genau eine Verbindung durch die Kanten und Knoten des Baumes besteht; und das in einem vierten Verfahrensschritt die Belastung der Kanten des Baumes entsprechend der Bedürfnisse und Anforderungen der Verbraucher ermittelt wird; und daß in einem sich anschließenden fünften Verfahrensschritt die Dimensionierung und Auswahl der einzusetzenden Technologien für jede Kante, Verbraucherkante und Knoten des Baumes aufgrund der in den Verfahrensschritten I-IV berechneten Belastungen der Kanten erfolgt.

Mit dem erfinderischen Verfahren ist vorteilhaft ein Netz erstellbar, bei dem einerseits dessen Länge besonders kurz ist, wodurch es besonders kostengünstig zu erstellen ist, da die Materialkosten und die Verlegungskosten gering sind, und zum anderen auch die Auslastung des Netzes besonders hoch ist, wodurch die Netzbetreiberkosten niedrig bleiben. Das Verfahren ist insbesondere für Telekommunikations-, Wasser- oder Fernwärmeversorgungs- oder Stromnetzes anwendbar. Durch die Umsetzung des Verfahrens in ein auf einer Datenverarbeitungsanlage lauffähiges Computerprogramm kann zudem eine einfache manuelle Nachoptimierung des erstellten Netzes in der Weise durchgeführt werden, in dem bestimmte Verbindungswege für den Graphen fest vorgebbar sind, so daß das Verfahren ein Netz

erzeugt, welches z.B. die Telekommunikationseinrichtung(en) insbesondere Kabel entlang dieses Verbindungsweges führt.

Durch das mehrmalige Anwenden des Verfahrens auf unterschiedliche Ebenen des Netzes, bedingt durch unterschiedliche zum Einsatz kommende Technologien für die Ebenen, kann sehr schnell ein kompletter Netzplan erzeugt werden. Bei Einsatz eines Computers z.B. für ein Telekommunikationsnetz stehen sofort nach Beendigung des Verfahrens für sämtliche Kanten die zu verlegenden Kabeltypen sowie deren Länge und Paarigkeit, und für jeden Knoten die benötigte Verbindungstechnik in einer Datenbank bereit. Hierdurch kann sehr schnell eine Kosten- und Materialübersicht erstellt werden. Auch lassen sich aus den erzeugten Netzplandaten Karten für den Aufbau und die Wartung des Netzes erstellen.

Für ein Wassernetz lassen sich direkt die benötigten Rohrtypen, deren Durchmesser und z.B. Gefälle, die erforderlichen Pumpen und deren Standorte, etc. Ablesen.

Vorteilhaft lassen sich alle Verfahrensschritte leicht mittels eines Computerprogramms schnell und komfortabel durchführen, so daß in relativ kurzer Zeit beliebig viele Netzpläne für ein Gebiet erstellbar sind. Durch geringfügige Änderungen der vorgegebenen Parameter Straßen- und Trassenführung, sowie Verlegungs- und Materialkosten und jeweils für eine Netzebene zu verwendende Technologie, kann nach und nach ein optimaler Netzplan erzeugt werden. Diese Parameter können jedoch auch mittels eines Batch-Programms oder z.B. genetischer Algorithmen oder Evolutionsstrategien für jeden Erstellungsvorgang eines Netzplanes vorgegeben bzw. ausgewählt werden. Somit kann durch den Einsatz des Computers ein Netzplan ohne manuelles Nacharbeiten optimiert werden.

Nachfolgend wird das erfindungsgemäße Verfahren anhand von Zeichnungen mittels der Erstellung eines Telekommunikationsnetzes beispielhaft in seinen einzelnen Verfahrensschritten näher erläutert.

Es zeigen:

- Figur 1 Ein Gebiet 1 mit einzelnen Verbrauchern 3, die entlang von Straßen angeordnet sind;
- Figur 2 das Gebiet 1, das manuell nach den herkömmlichen Verfahren von einem Netzplaner in Bereiche A-E aufgeteilt ist;
- Figur 3 einen Netzplan für das Gebiet 1, der manuell nach den herkömmlichen Verfahren von einem Netzplaner erstellt worden ist;

Figuren 4 bis 8 das erfindungsgemäße Verfahren;

- Figur 4 ein in das Gebiet 1 mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens eingefügter Graph G, wobei entlang jeder Straßenseite eine Kante 14 für den Graphen G vorgesehen ist;
- Figur 4a einen Ausschnitt aus dem Gebiet 1 der Figur 4; das erfindungsgemäße Verfahren verbindet die Verbraucher 3 mittels Verbraucherkanten 16 mit dem Graphen G;
- Figur 4b einen Ausschnitt aus dem Gebiet 1; Erzeugen des Baumes Ba durch schrittweises Verbinden der Verbraucher 3 mit dem schon erzeugten Teil des Baumes
- Figur 4c den mittels des Verfahrens für das Gebiet 1 erzeugten Baum und die den Kanten 14 zugeordnete Belastung 21;
- Figur 5 das Gebiet 1 mit den nachfolgend beschreiben Verfahrensschritten V a) bis V e) erzeugten KVz-Unterbereichen;
- Figur 5a einen Ausschnitt aus dem Gebiet 1, wobei zwei KVz-Unterbereiche zu einem KVz-Bereich 26 zusammengefaßt sind;

Figur 5b den Ausschnitt aus Figur 5a, wobei der KVz-Bereich 26 mit den beiden Grenzkanten Gk vom Baum abgeschnitten ist;

Figur 5c den Ausschnitt aus Figur 5a, wobei die Grenzkante des KVz-Unterbereichs mit einem Bedarf von 9 an den nächsten Knoten 29 angeschlossen worden ist;

Figur 6 das Gebiet 1 mit den erzeugten KVz-Bereichen 26 und den in deren Schwerpunkten angeordneten KVz₁ bis KVz₄;

Figur 7 mittels der nachfolgend beschriebenen Verfahrensschritte V q) bis V s) erzeugten neuen Baum 33

Figur 8 die KVz-Bereiche 26, wobei die Paarigkeiten 35 den einzelnen Kanten 14 bzw. Straßenabschnitten zugeordnet sind.

Für das in Figur 1 dargestellte Gebiet 1, bestehend aus Häuserblöcken 2 auf denen Verbraucher 3 beliebig angeordnet sind, sowie Straßen und vorgegebenen Netzleitungswegen 5 und deren Kreuzungspunkte 6, wird mittels des Verfahrens, dargestellt in den Figuren 4 bis 8, ein Telekommunikationsnetz erstellt, welches das Gebiet 1 mit einer Vermittlungsstelle 7 verbindet. Der Anschaulichkeit wegen, sind nur Verbraucher 3 vorhanden, die alle nur einen Bedarf eines bestimmten Typs, z.B. Telefonleitungen haben.

Da das Verfahren beliebig oft auf bestimmte, durch die Technologien vorgebbaren Ebenen durchführbar ist, kann die Vermittlungsstelle 7 jedoch wie ein Verteilerknoten 8 behandelt werden.

Figur 4 zeigt einen Straßengraphen, der mit dem Verfahrensschritt I erzeugt wird. Es wird angenommen, daß nur Straßen und keine vorgegebenen Netzleitungswege existieren. Jeder

Straßenseite ist eine Kante 14 des Graphen G zugeordnet worden. An den Straßenkreuzungen 6 ergeben sich daher vier Knoten 15, wobei die vier Straßenquerungen 11 jeweils eine eigene Kante 14 bilden.

Im Verfahrensschritt II, der mit Figur 4a dargestellt ist, werden die Verbraucher 3 mittels Verbraucherkanten 16 mit dem Graphen G verbunden. Dies geschieht entweder dadurch, daß der kürzeste Weg vom Anschlußpunkt des jeweiligen Verbrauchers 3 zum Graphen G gewählt wird oder daß die Verbraucherkante 16 durch eine entsprechende Vorgabe entlang einer bestimmten Trasse geführt werden muß, wodurch die Länge der Verbraucherkante 16 bestimmt ist. Trifft die Verbraucherkante 16 auf eine Kante 14 des Graphen G, so wird diese Kante 14 in zwei Kanten 14a aufgeteilt und der Verbindungspunkt von Kante 14 und Verbraucherkante 16 wird ein neuer Knoten 15a. Die Kanten 14a entsprechen dabei den Kanten 14.

Nach Abschluß des Verfahrensschritts II sind sämtliche Verbraucher 3 mit dem Graphen G verbunden. Nun wird mit Verfahrensschritt III, wie in den Figuren 4b und 4c dargestellt, ein Baum Ba erzeugt, bei dem jeder Verbraucher 3 über eine eindeutige Verbindung, bestehend aus Verbrauchierzweigen 16, Kanten 14 und Knoten 15 mit der Vermittlungsstelle 7 in Verbindung ist. Dazu wird zunächst der Verbraucher 17 im Graphen G gesucht, bei dem die Anbindungskosten zur Vermittlungsstelle 7 am geringsten sind. Die Anbindungskosten bestimmen sich dabei z.B. durch die verwendete Technologie der Kabel und der Verlegungskosten incl. der Ausschachtungskosten. Dieser Verbraucher 17, die Kanten 14 und Knoten 15, die diesen mit der Vermittlungsstelle 7 verbinden, werden anschließend markiert und bilden den markierten Verbindungsweg 18 (Verfahrensschritt Ia). Als nächstes (Verfahrensschritt Ib) werden alle Verbraucher 3 nacheinander mit der Vermittlungsstelle 7 verbunden, derart, daß jeweils stets zuerst der Verbraucher 19 mit der Vermittlungsstelle 7 verbunden wird, dessen Anbindungskosten unter Berücksichtigung schon markierter Kanten 14 und/oder Knoten 15 an den bislang markierten Verbindungsweg 18 von allen

noch nicht markierten Verbrauchern 3 am niedrigsten sind. Der gefundene Anbindungsweg wird zusammen mit seinem Verbraucher markiert. Die Verfahrensschritte Ia und Ib bestehen lediglich aus einfachen Suchalgorithmen und sind leicht als Computerprogramm umsetzbar.

Sobald sämtliche Verbraucher 3 markiert, d.h., mittels des erzeugten Baumes Ba verbunden sind, werden alle nicht markierten Kanten 14 und Knoten 15 des Graphen G eliminiert. Anstatt die Kanten 14 und Knoten 15 zu eliminieren, können jedoch auch für die weiteren Verfahrensschritte nur noch die markierten Kanten 14 und Knoten 15 Verwendung finden. programmtechnisch ist sicherlich die letzte Variante vorzuziehen.

Der erzeugte Baum Ba ist von der Gestalt, daß er für die vorgegebenen möglichen Trassen- bzw. Kabelführungen 5 im Gebiet 1 ein Minimum bzgl. Anbindungskosten (Verlegungs- und Materialkosten) bildet.

Für die Gestaltung eines Computerprogramms ist es sinnvoll, in einem Verfahrensschritt IV den übriggebliebenen Kanten 14 des Baumes Ba deren Belastung 21 zuzuordnen. Dabei wird nachfolgend ein möglicher Algorithmus beschrieben. Es ist aber für die Durchführung des Verfahrens unerheblich, wenn ein anderer Algorithmus verwendet wird, oder wenn der Verfahrensschritt IV übersprungen wird und im Verfahrensschritt V jeweils bei Bedarf die Belastung 21 der Kanten 14 bestimmt wird.

Der mögliche Algorithmus ist dergestalt, daß zu Beginn allen Kanten 14 des Baumes Ba die Belastung „0“ (Null) zugeordnet wird, und daß danach nacheinander von jedem Verbraucher 3 entlang der Kanten 14 und Knoten 15 zur Vermittlungsstelle 7 entlang gelaufen wird, und dabei jeder entlanggelaufenen Kante 14 der Bedarf 4 des Verbrauchers 3 hinzuaddiert wird, von dem aus gerade gestartet worden ist.

Nachdem durch die vorbeschriebenen Verfahrensschritte der optimierte Baum bzw. Trassengraph Ba erstellt worden ist, soll

im Folgenden (Figuren 5 bis 6) beschrieben werden, wie die am Baum Ba angeschlossenen Verbraucher 3 zu KVz-Bereichen 26 zusammengefaßt werden, wobei wiederum eine Optimierung durch das Verfahren dahingehend vorgenommen wird, derart, daß möglichst wenige KVz-Bereiche 26 mit einer optimierten Auslastung der eingesetzten Technik erzeugt werden.

Zur Generierung der KVz-Bereiche 26 wird zuerst die Kapazität der die einzelnen KVz-Bereiche versorgenden KVz's festgelegt (Verfahrensschritt Va). Die Kapazität hängt dabei von der Technik der einzusetzenden KVz's ab. Die Kapazität bestimmt dabei die maximale Anzahl der für einen KVz-Bereich zur Verfügung stehenden Kupferdoppeladern, Glasfasern, etc.. Auch sind die maximalen Reichweiten der im KVz-Bereich 26 einzusetzenden Übertragungstechniken vorzugeben, wodurch in dem Verfahrensschritt Vb) die Größe der KVz-Unterbereiche 23 begrenzt wird.

Ein einzelner Verbraucher 3 kann, in Abhängigkeit von seinem Bedarf 4 einen KVz-Unterbereich 23 oder sogar einen eigenen KVz-Bereich 26 bilden, wobei der Bedarf in diesem Fall auch größer als die in Verfahrensschritt Va) festgelegte Kapazität sein kann. Es ist empfehlenswert, daß diese Verbraucher 3, deren Bedarf 4 größer als die in Schritt Va) festgelegte Kapazität des KVz's ist, als jeweils ein KVz-Bereich 26 definiert werden, wobei diesen Verbrauchern jeweils soviel Übertragungstechnik zugeordnet wird, daß der Bedarf des jeweiligen Verbrauchers gedeckt ist, derart, daß dem Knoten 15, an den die Grenzkante Gk eines derartigen Verbrauchers 3 angrenzt, für den in Verfahrensschritt Vs) zu generierenden neuen Baum 33 ein Bedarf zugeordnet wird, der einem mehrfachen der in Schritt Va) festgelegten Kapazität entspricht, so daß der Bedarf des Verbrauchers gerade gedeckt ist, und daß danach dieser Verbraucher 3 aus dem Baum Ba eliminiert wird, wobei der Knoten der Schwerpunkt bzw. Ort des dem Verbraucher 3 zugeordneten KVz's ist.

Anschließend werden nun alle Markierungen von den Verbraucher 3 entfernt, sofern solche Markierungen gesetzt worden sind.

Danach wird ein noch nicht markierter Verbraucher 22 im Baum Ba gesucht, der am Ende eines Zweiges des Baumes Ba sitzt. Dabei zeichnet sich dieser Verbraucher 22 dadurch aus, daß er mit seiner Verbraucherkante 16 an einem Knoten anliegt, an dem nur noch genau eine Kante 14 angrenzt. Ausgehend von diesem Verbraucher 22 wird solange entlang der Verbraucherkante 16, der Kanten 14 und Knoten 15 in Richtung der Vermittlungsstelle 7 entlang gelaufen, bis eine Grenzkante Gk erreicht wird. Eine Grenzkante Gk zeichnet sich dadurch aus, daß sie mit einem Knoten 15 in Verbindung ist, an dem eine Kante 25 angrenzt, deren Belastung 21 größer als die in Verfahrensschritt Va) festgelegte. Eine Kante 14 kann jedoch auch dann zu einer Grenzkante Gk eines KVz-Unterbereichs 23 werden, sobald ausgehend vom Verbraucher 22 die ebenfalls in Verfahrensschritt Va) festgelegte Reichweite der für diesen KVz-Bereich 26 einzusetzenden Übertragungstechnik überschritten wird, selbst wenn diese Grenzkante Gk kapazitätsmäßig noch zu dem KVz-Unterbereich 23 gehören würde.

Figur 5 zeigt alle KVz-Unterbereiche 23, die mit dem beschriebenen Verfahren erzeugt werden. Dabei ist zu beachten, daß diese Aufteilung in KVz-Unterbereiche 23 eindeutig und reproduzierbar erfolgt.

Mittels der sich anschließenden Verfahrensschritte Vf) bis Vp) werden nun die KVz-Unterbereiche 23 nach und nach, wenn möglich zu KVz-Bereichen 26 zusammengefaßt oder umgewandelt, wobei darauf geachtet wird, daß die Kapazitätsgrenze des KVz's 8 von der Belastung 30 des zusammengefaßten KVz-Bereichs 26 nicht überschritten wird. Nach Abschluß dieser Verfahrensschritte ist dann jeder Verbraucher 3 eindeutig einem KVz-Bereich 26 zugeordnet.

Bei der Erzeugung der KVz-Bereiche 26 ist ferner darauf zu achten, daß lediglich räumlich benachbarte KVz-Unterbereiche 23 zusammengefaßt werden dürfen, da sonst der Bereichszusammenhang nicht mehr gegeben ist. Dies würde eine Wartung und Fehleranalyse für den späteren Netzbetreiber fast unmöglich machen, da im Störfall keine kausalen Rückschlüsse mehr aus

den auftretenden Fehlern hinsichtlich der Störungen gemacht werden können. Räumlich benachbart heißt dabei, daß sie an demselben Knoten 15 angrenzen und im oder gegen den Uhrzeigersinn laufend direkt aneinandergrenzen.

Die Verfahrensschritte Vf) bis Vp) werden nachfolgend anhand der Figuren 5 bis 6 näher erläutert, wobei Figur 5 die Ausgangssituation für den Verfahrensschritt Vf) und die Figur 6 das Endergebnis nach Abschluß des Verfahrensschrittes Vp) darstellt.

Zuerst werden mit dem Verfahrensschritt Vf) diejenigen KVz-Unterbereiche 23 aus dem Baum Ba herausgesucht, die mit keinem benachbartem KVz-Unterbereich 24, dessen Belastung kleiner oder gleich groß ist, zu einem größeren KVz-Unterbereich 23 zusammengefaßt werden können, da die Summe der Belastungen der beiden Nachbar-KVz-Unterbereiche größer als die Kapazität des KVz's ist. Diese KVz-Unterbereiche 23 werden zu KVz-Bereichen 26 umgewandelt und werden mit den Verfahrensschritten Vh) und Vi) aus dem Baum entfernt, wobei der Bedarf dieses neuen KVz-Bereichs 26 von allen diesen mit der Vermittlungsstelle 7 verbindenden Kanten 14 abgezogen wird und für die Erzeugung der anderen KVz-Bereiche 26 nicht mehr berücksichtigt wird. Für eine detailliertere Beschreibung der Verfahrensschritte Vh) und Vi) wird auf die Ansprüche verwiesen.

Im Folgenden wird beschrieben, wie KVz-Unterbereiche 23 zu größeren KVz-Unterbereichen 23 zusammengefaßt werden. Wie in Figur 5 dargestellt, liegen die drei KVz-Unterbereiche 24 an einem gemeinsamen Knoten 28 an. Alle drei KVz-Unterbereiche 24 sind von den vorherigen Verfahrensschritten noch nicht beeinflusst worden, da ihr Bedarf entweder nicht größer als die Kapazität des KVz's ist oder die Summe ihres und des angrenzenden Nachbar-KVz-Unterbereichs nicht größer als die Kapazität des KVz's ist. Der Bedarf eines KVz-Unterbereichs 24 ist dabei von seiner Grenzkante Gk direkt ablesbar. So haben die drei am Knoten 28 angrenzenden KVz-Unterbereiche 23 einen Bedarf von 9, 77 und 20. Die Summe der jeweils benachbarten KVz-Unterbereiche 23 ergibt entweder 86 oder 97. In einem

nachfolgenden Verfahrensschritt werden nun die KVz-Unterbereiche 24 zu einem KVz-Bereich 26 zusammengefaßt, deren Summe am größten ist, also die beiden KVz-Unterbereiche mit einem Gesamtbedarf von 97. Dieser KVz-Bereich 26 wird nun als nächstes vom Baum abgeschnitten bzw. eliminiert und/oder für die weiteren Verfahrensschritte nicht mehr berücksichtigt (Figur 5b). Würden noch mehrere KVz-Unterbereiche 24 an dem Knoten 28 hängen, so könnten diese ebenfalls zusammengefaßt werden. Dabei ist jedoch auf den Netzzusammenhang zu achten. Im vorliegenden Fall liegt jedoch nur noch ein einziger KVz-Unterbereich 24 an dem Knoten 28. Die Grenzkante Gk dieses KVz-Unterbereichs wird nun solange in Richtung Vermittlungsstelle 7 verschoben, bis sie mit ihrem dem KVz-Unterbereich 23 abgewandten Ende an einen nächsten Knoten 29 anstößt, an dem ein weiterer KVz-Unterbereich 23 hängt. Ab diesem nächsten Knoten 29 werden nun in Richtung der Vermittlungsstelle von den Kanten 14 die Belastung des zuvor eliminierten KVz-Bereichs 26 subtrahiert (Figur 5c). Das Zusammenfassen der KVz-Unterbereiche 23 wird solange fortgesetzt, bis keine KVz-Unterbereiche 23 im Baum Ba mehr vorhanden sind. Das genaue Verfahren des Zusammenfassens der KVz-Unterbereiche 23 zu KVz-Bereichen 26 kann den Verfahrensansprüchen Vj) bis Vp) in den Ansprüchen entnommen werden. Wie in Figur 6 dargestellt, ist durch das erfindungsgemäße Verfahren das Gebiet in vier KVz-Bereiche 26 aufgeteilt worden.

Nachdem die Verbraucher 3 den erzeugten KVz-Bereichen 26 zugeordnet worden sind, können die einzelnen Verzweigungskabel VzK, welche die KVz's mit den zugeordneten Verbrauchern 3 verbinden, dimensioniert werden. Hierzu werden die Verfahrensschritte Vu) bis Vw) durchgeführt. Mit dem Verfahrensschritt Vu) wird der Dimensionierungsvorgang begonnen. Der Verfahrensschritt Vu) ist als Initialisierungsschritt zu verstehen, dabei wird allen Kanten 14,37 des Baumes Ba die Belastung „0“ (Null) zugeordnet. Anschließend wird in Schritt v) von jedem Verbraucher 3 entlang der Kanten 14,37 und Knoten 15 zum KVz des zum Verbraucher 3 gehörenden KVz-Bereichs 26 entlang gelaufen, und dabei jeder entlanggelaufenen Kante 14,37 der Bedarf 4 des Verbrauchers

hinzuaddiert wird. Hierbei ist zu beachten, daß die KVz's möglichst im Schwerpunkt der KVz-Bereich angeordnet werden, wobei der Schwerpunkt auf den nächstliegenden Knoten abgebildet wird, damit kein zusätzlicher Knoten im Netz entsteht. Der Schwerpunkt ermittelt sich dabei aus der Wirtschaftlichkeit des zu verlegenden und kann z.B. durch die Verteilung der Verbraucher 3 und deren Bedarf 4 ermittelt werden. Es sind verschiedenste Algorithmen für die Schwerpunkts- bzw. KVz-Standortbestimmung bekannt, welche auch im erfindungsgemäßen Verfahren zum Einsatz kommen können.

Danach wird in Schritt Vw) jeder Kante 14,37 ein Verzweigungskabel VzK entsprechender Paarigkeit zugeordnet, dessen Kapazität gerade noch die Belastung der jeweiligen Kante 14 deckt. Man erhält dann einen Netzplan (Figur 8) für die einzelnen KVz-Bereiche, dem sofort abgelesen werden kann welche Technik bzw. welche Paarigkeit 35 das zu verlegende Kabel 34 haben muß, um die daran angeschlossenen Verbraucher genügend zu versorgen.

Die Dimensionierung der einzelnen KVz-Bereiche 26 ist damit abgeschlossen.

Als nächstes müssen die KVz's der KVz-Bereiche 26 mit der Vermittlungsstelle verbunden werden. Bei einem großen Gebiet 1 kann es jedoch auch notwendig sein weitere Verteilerknoten anzuordnen, die die KVz's der zuerst erzeugten KVz-Bereiche 26 versorgen und Verteilerbereiche einer neuen Netzebene zusammenzufassen. In beiden Fällen kann der Verfahrensschritt V auf den in Figur 7 dargestellten Baum angewendet werden, wobei jedoch nicht mehr die einzelnen Verbraucher 3 den Bedarf angeben, sondern der Bedarf der KVz-Bereiche 26 der vorherigen Netzebene, der jeweils punktuell durch die auf dem Baum angeordneten KVz's repräsentiert wird. Es können erneut die Belastungen 31 der Kanten bestimmt werden und KVz-Unterbereiche, sowie KVz-Bereiche der neuen Netzebene gebildet werden. Das Verfahren ist ohne weiteres auf diese Netzebene anzuwenden.

Das Verfahren kann auch in einer leicht modifizierten Fassung auf Netze angewendet werden, bei denen es unterschiedliche Bedürfnisse der Verbraucher erforderlich machen, in einer Netzebene mehrere Techniken nebeneinander anzuordnen, welche dann in der nächst höheren oder tieferen Netzebene mittels einer einzigen Technik mit der Vermittlungsstelle 7 verbindbar sind. Dies wird bei der Bereichsabgrenzung der KVz-Unterbereiche 23 und KVz-Bereiche 26 gleichzeitig berücksichtigt.

Das vorbeschriebene erfindungsgemäße Verfahren ist zudem für einen Fachmann ohne weiteres auf andere Netzsysteme, wie z.B. auf Fernwärme- oder Wasserversorgungsnetze anzuwenden. Bei diesen Netzen, werden die Rohre ebenfalls entlang Trassen bzw. Straßen geführt, die an Straßenkreuzungen zusammengeführt oder verzweigt werden. Diese Verbindungspunkte werden im Verfahren dann als Knoten 15 definiert, die Rohrtrassen als Kanten 14. An Stelle der Vermittlungsstelle 7 wird dann ein Hauptverteilerknoten des Fernwärmenetzes eingesetzt. Da der Bedarf im Verfahren eine abstrakte Zahl darstellt, und sich der Fernwärmebedarf der einzelnen Verbraucher ebenfalls mittels einer Zahl darstellen läßt, muß auch diesbezüglich das Verfahren nicht verändert werden, um z.B. auf ein Fernwärmenetz angewendet werden zu können.

Bezugszeichenliste:

- 1 Versorgungsgebiet
- 2 Häuserblock
- 3 Verbraucher
- 4 Bedarf des Verbrauchers
- 5 Straßen oder vorgegebener Netzleitungsweg
- 6 Straßen- oder Netzleitungskreuzung
- 7 Hauptverteilerknoten (HVK) bzw. Vermittlungsstelle (Vst)
- 8 Verteilerknoten KVz ($KVz_A - KVz_E \equiv KVz's$ für Bereiche A-E)
- 9 Kabel mit Datenleitungen
- 10 Verbindungsleitung zum Verbraucher
- 11 Straßenkreuzung mit Straßenunterführung des Kabels
- 12 Leitungsweg zum Hauptverteilerknoten
- 13 Kabel für Bereich E ist gemeinsam mit einem Teil des Kabels des Bereichs D in einem Kabelschacht verlegt
- 14 Kante; jeweils eine Straßenseite repräsentierend
- 15 Knoten; Verbindungspunkte der Kanten (14)
- 16 Verbraucherkante zum Verbraucher
- 17 Verbraucher, bei dem die Anbindungskosten an die Vermittlungsstelle (HVK, 7) am geringsten sind
- 18 Markierter Verbindungsweg vom HKV (7) zum Verbraucher (17)
- 19 Verbraucher, dessen Anbindungskosten zum Markierten Verbindungsweg 18 am geringsten sind
- 20 Nachfolgend durch das Verfahren an die schon markierten Kanten (14) und Knoten (15) angeschlossene Verbraucher
- 21 Belastung der Kanten (14)
- 22 Verbraucher in Verfahrensschritt V b)
- 23 KVz-Unterbereich
- 24 KVz-Unterbereiche (23), die mit ihren Grenzkanten (Gk) an einem gemeinsamen Knoten hängen
- 25 Kante in Verfahrensschritt V c)
- 26 KVz-Bereich in Verfahrensschritt V g)

- 27 eliminiertes KVz-Bereich; Verfahrensschritt V h)
- 28 Knoten, an dem mehrere KVz-Unterbereiche (23) mit ihren
Grenzkanten (Gk) anliegen;
- 29 nächster Knoten; Verfahrensschritt V i)
- 30 Bedarf eines KVz-Bereichs (26)
- 31 Belastung der Kanten (32)
- 32 Kanten des in Verfahrensschritt V s) erzeugten neuen
Baumes (33)
- 33 In Verfahrensschritt V s) erzeugter neuer Baum
- 34 Verzweigungskabel (VzK)
- 35 Paarigkeit des Verzweigungskabels (34)
- 36 gemeinsamer Knoten für die beiden KVz-Bereiche 2 und 4, in
dem die VzK der beiden KVz-Bereiche parallel geführt sind;
- 37 Kante

A-E Bereiche des Versorgungsgebiets (1)

Ba Baum

CuDA Kupferdoppeladern

Cu-VzK Kupferverzweigungskabel

Gk Grenzkante eines KVz-Unterbereichs (23)

Hk Hauptkabel

HVK Vermittlungsstelle (7)

KVz Anschlußpunkt für das Verzweigungskabel VzK des KVz-
Bereichs bzw. Kabelverzweigungsbereichs

KVz-Bereich Kabelverzweigungsbereich

VzK Verzweigungskabel (34)

06.01.1997

GE 56785 C

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erzeugung eines Netzes, insbesondere eines Telekommunikations-, Wasser- oder Fernwärmeversorgungs- oder Stromnetzes, wobei das Netz in Abhängigkeit der lokal vorliegenden bzw. vorgebbaren Bedürfnisse und Anforderungen (4) der einzelnen Verbraucher (3), alle Verbraucher (3) mit einem Hauptverteilerknoten (7) verbindet,

g e k e n n z e i c h n e t d u r c h die Verfahrensschritte:

- I) Generieren eines Graphen (G) bestehend aus Kanten (14) und Knoten (15), wobei der Graph (G) alle technisch möglichen und/oder vorgebbaren Verbindungswege (5) des Netzes umfaßt, und sich die Länge und Richtung der Kanten (14) aus der realen Topographie der Straßenabschnitte und vorgebbaren Netzleitungswege (5) des mittels des Netzes zu versorgenden Gebiets (1) ergibt, und die Knoten (15) die Kreuzungspunkte der Kanten (14) bzw. der Straßen und/oder Netzleitungswege (5) sind;
- II) Zuordnen der Verbraucher (3) zum Graphen (G), derart, daß jeder Verbraucher (3) durch eine zusätzliche Verbraucherkante (16) mit der nächstliegenden Kante (14) oder dem nächstliegenden Knoten (15) des Graphen (G) verbunden wird;
- III) Generieren eines Baumes (Ba) durch Eliminieren nicht benötigter Kanten (14) aus dem Graphen (G), derart, daß zwischen dem Hauptverteilerknoten (7) und jedem Verbraucher (3) nur genau eine Verbindung durch die Verbraucherkanten (16), Kanten (14) und Knoten (15) des Baumes (Ba) besteht;
- IV) Bestimmung der Belastung der Kanten (14) des Baumes (Ba) entsprechend der Bedürfnisse und Anforderungen (4) der Verbraucher (3).

2. Verfahren nach Anspruch 1, **d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t**, daß in einem sich anschließenden fünften Verfahrensschritt V die Abgrenzung der Bereiche sowie die Dimensionierung und Auswahl der einzusetzenden Technologien für jede Kante (14), Verbraucherkante (16) und Knoten (15) des Baumes (Ba) aufgrund der in den Verfahrensschritten I-IV berechneten Belastungen (21) der Kanten (14) erfolgt.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t**, daß im Verfahrensschritt II die nächstliegende Kante (14) des Graphen (G) an der Verbindungsstelle zwischen nächstliegender Kante (14) und Verbraucherkante (16) in zwei Kanten (14a) geteilt wird, und die Verbindungsstelle einen neuen Knoten (15a) bildet.

4. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t**, daß der Baum (Ba) im Verfahrensschritt III wie folgt erzeugbar ist:

- a) Bestimmen des Verbrauchers (3), dessen Verbindungsweg zum Hauptverteilerknoten (7) entlang des Graphen (G) von allen Verbrauchern (3) am wirtschaftlichsten ist; der gefundene Verbraucher (3), sowie die Kanten (14) und Knoten (15), welche den Verbindungsweg bilden, werden markiert;
- b) Als nächstes wird der Verbraucher (3) aus der Menge der noch nicht markierten Verbraucher (3) bestimmt, dessen Verbindungsweg zum Hauptverteilerknoten unter Berücksichtigung schon markierter Kanten (14) und Knoten (15) der bisher schon markierten Verbindungswege am wirtschaftlichsten ist; dieser Verbraucher (3), sowie die Kanten (14) und Knoten (15), die diesen Verbindungsweg bilden, werden markiert;
- c) Schritt b) wird solange wiederholt, bis alle Verbraucher (3) markiert sind;

d) Alle Kanten (14) und Knoten (15) des Graphens (G), die nicht markiert sind werden aus dem Graphen (G) eliminiert.

5. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t**, daß die Daten der realen Topographie der Straßenabschnitte und vorgebbaren Netzleitungswege (5) des mittels des Netzes zu versorgenden Gebiets (1) in einer ersten Datenbank abgespeichert sind, und daß die Daten der Verbraucher (3) in einer zweiten Datenbank abgespeichert sind, und die zweite Datenbank unter anderem für jeden Verbraucher (3) dessen Adresse, Koordinaten des Anschlußpunktes und den durch das Netz zu deckenden Bedarf (4), speichert.

6. Verfahren nach Anspruch 5, **d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t**, daß aus den Daten der beiden Datenbanken der Graph (G) und nachfolgend der Baum (Ba) generiert wird.

7. Verfahren zur Erzeugung und Optimierung eines Netzes insbesondere eines Telekommunikationsnetzes nach einem der vorherigen Ansprüche, **d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t**, daß jede Straße des Gebietes bei der Generierung des Graphen (G) in Verfahrensschritt I durch zwei insbesondere parallele Kanten (14) abgebildet wird, wobei jede Kante (14) eine Straßenseite repräsentiert.

8. Verfahren nach Anspruch 7, **d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t**, daß die Verbraucher (3) mittels Übertragungsleitungen verschiedenen Typs, z.B. Kupferleitung bzw. Kupferdoppeladern (CuDA) oder Glasfaser an die Vermittlungsstelle (7) anschließbar sind, und sich die Übertragungsleitungen durch ihre Übertragungskapazitäten und maximale Reichweite voneinander unterscheiden, wobei hierzu Kabel mit unterschiedlicher Anzahl von Kupferdoppeladern (CuDA)

oder Glasfasern zur Verfügung stehen, wobei mehrere Verbraucher (3) mittels eines Kabels (VzK) versorgbar sind, derart, daß die benötigte Anzahl von Telefon- und/oder Datenübertragungsleitungen für einen Verbraucher (3) aus einem an einem Verbraucher (3) vorbeiführenden Kabel (VzK) zum Verbraucher (3) herausführbar sind.

9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß der Verfahrensschritt V sich in folgende Schritte unterteilt:

- a) Kapazität der KVz's und/oder die Reichweite der für den KVz-Bereich einzusetzenden Übertragungstechnik festlegen; wobei sich insbesondere die Kapazität aus der für die KVz's einzusetzenden Technik ergibt;
- b) Gehe zu einem Verbraucher (22), dessen Verbraucherkante (16) mit einem Knoten (15) in Verbindung ist, der nur genau mit einer weiteren Kante (14) in Verbindung ist;
- c) Gehe von dem in Schritt b) gewählten Verbraucher (3) solange entlang der Verbraucherkanten (16), Kanten (14) und Knoten (15) des Baumes (Ba) in Richtung Vermittlungsstelle (7), bis eine Kante, nachfolgend Grenzkante (GK) genannt, erreicht wird, die an einen Knoten (15) grenzt, der mit einer Kante (25) in Verbindung ist, deren Belastung (21) die Kapazität und/oder die Reichweite des in Schritt a) festgelegten KVz's bzw. KVz-Bereichs übersteigt;
- d) Alle Verbraucher (3), die über die Grenzkante (Gk) mit der Vermittlungsstelle (7) in Verbindung sind, werden markiert und einem KVz-Unterbereich (23) zugeordnet;
- e) Wiederhole Schritte b) bis d) solange, bis alle Verbraucher (3) KVz-Unterbereichen (23) zugeordnet sind;

10. Verfahren nach Anspruch 9, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß sich an Verfahrensschritt e) ein Verfahrensschritt anschließt, in dem mittels eines rekursiven Verfahrens alle KVz-Unterbereiche (23) zu KVz-Bereichen (26) zusammengefaßt werden, derart, daß die Belastung 30) jedes KVz-Bereiches (26) die Kapazität des in Schritt a) festgelegten KVz's nicht übersteigt; Jeder Verbraucher (3) wird genau einem KVz-Bereich (26) zugewiesen.

11. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß im Verfahrensschritt f) die Anzahl der KVz-Bereiche (26) minimiert wird.

12. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß nur die KVz-Unterbereiche (23) zu KVz-Bereichen (26) zusammengefaßt werden, die räumlich nebeneinander angeordnet sind.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß sich an Verfahrensschritt e) folgenden Verfahrensschritt anschließen:
f) zuerst werden alle die KVz-Unterbereiche (23) im Baum (Ba) gesucht, deren Belastung zusammen mit der Belastung eines unmittelbar angrenzenden und mit seiner Grenzkante (Gk) am selben Knoten (28) anliegenden, von der Belastung her kleiner oder gleich großen KVz-Unterbereichs (23), größer als die in Verfahrensschritt a) festgelegte Kapazität des KVz's ist;
g) Sofern solche KVz-Unterbereiche (23) im Baum (Ba) aufgefunden werden, werden diese bis auf den kleinsten KVz-Unterbereich (23) zu KVz-Bereichen (26) und die Verfahrensschritte h) bis i) werden für die KVz-Bereiche 26 durchgeführt;
h) Die in Verfahrensschritt g) bestimmten KVz-Bereiche (26) werden vom Baum (Ba) eliminiert bzw. bei der Erzeugung weiterer KVz-Bereiche (26) nicht mehr berücksichtigt,

derart, daß alle mittels der Grenzkante (Gk) mit der Vermittlungsstelle (7) in Verbindung stehenden Verbraucher (3), Verbindungskanten (16), Kanten (15) und Knoten (14) von dem Baum (Ba) abgeschnitten werden oder bei der weiteren Erzeugung der KVz-Bereiche (26) nicht berücksichtigt werden, und zusätzlich die Belastung (30) des eliminierten KVz-Bereiches (27) von der zugewiesenen Belastung (21) aller diesen mit der Vermittlungsstelle (7) verbindenden Kanten (14) subtrahiert wird;

- i) daß nachfolgend geprüft wird, ob an dem Knoten (27), welcher den eliminierten KVz-Bereich (27) mit der Vermittlungsstelle (7) verbunden hat, noch Grenzkanten (Gk) von weiteren KVz-Unterbereichen (23) anliegen; Wenn keine weiteren Grenzkanten (Gk) anliegen, dann eliminiere den verbindenden Knoten (28) sowie die Kanten (14) und Knoten (15), die diesen mit einem nächsten Knoten (29) verbinden, an dem eine weitere Grenzkante (Gk) anliegt.

14. Verfahren nach Anspruch 13, **d a d u r c h**
g e k e n n z e i c h n e t, daß weitere KVz-Bereiche (26) mittels der nachfolgenden Verfahrensschritte erzeugbar sind:

- j) Suche den Knoten (28), der lediglich mit genau einer Kante (14) und mindestens einer Grenzkante (Gk) in Verbindung ist, wobei die Belastung (21) der Kante (14) von allen im Baum (Ba) vorhandenen bzw. noch zu berücksichtigenden Kanten (14) maximal ist;
- k) Ist die Summe der Belastungen aller an dem gefundenen Knoten (28) anliegenden KVz-Unterbereiche (23) kleiner gleich der Kapazität des KVz's, so werden alle diese KVz-Unterbereiche (23) zu einem neuen KVz-Unterbereich (23) zusammengefaßt, dessen Belastung gleich der Summe der Einzelbelastungen der zusammengefaßten KVz-Unterbereiche (23) ist; in diesem Fall fahre mit Schritt 1) fort;
Ist die Summe der Belastungen aller an dem gefundenen Knoten (28) anliegenden KVz-Unterbereiche (23) größer als die Kapazität des KVz's, so werden diejenigen nebeneinander liegenden KVz-Unterbereiche (23) zu einem neuen KVz-Bereich (26) zusammengefaßt, deren Summe von Einzelbelastungen am

größten ist, jedoch kleiner als die Kapazität des KVz's ist; Diese KVz-Unterbereiche (23) bzw. der neue KVz-Bereich (26) werden aus dem Baum (Ba) eliminiert bzw. bei der weiteren Erzeugung von KVz-Bereichen (26) nicht berücksichtigt; die Belastung (31) des eliminierten KVz-Bereiches (27) wird anschließend von der zugewiesenen Belastung (21) aller diesen KVz-Bereich (26) mit der Vermittlungsstelle (7) verbindenden Kanten (14) subtrahiert; sofern noch KVz-Unterbereiche (23) im Baum (Ba) vorhanden sind, gehe zu Schritt f), wenn nicht, gehe zu Schritt p);

- l) Die den gefundenen Knoten mit der Vermittlungsstelle (7) verbindende Kante (14) ist die Grenzkante (Gk) des neuen KVz-Unterbereichs (23);
- m) Liegt diese Grenzkante (Gk) an einem Knoten (15), an dem keine weitere Grenzkante (Gk) anliegt, so wird ausgehend von der Grenzkante (Gk) in Richtung der Vermittlungsstelle (7) der nächste Knoten (29) gesucht, an dem eine weitere Grenzkante (Gk) anliegt;
- n) Kann in Schritt m) kein derartiger Knoten (29) gefunden werden, so wird der KVz-Unterbereich (23) zu einem KVz-Bereich (26); gehe in diesem Fall zu Schritt p); wird ein derartiger Knoten (29) gefunden, wird das Verfahren bei Schritt o) fortgesetzt;
- o) Die Grenzkante (Gk) des KVz-Unterbereichs (23) wird mit dem in Schritt m) gefundenen Knoten (29) verbunden; wiederhole die f) bis n) solange, bis in Schritt n) zu Schritt p) verzweigt wird;
- p) Ende des Verfahrens zur Erzeugung der KVz-Bereiche (26).

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 14, **d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t**, daß nach Abschluß des Verfahrens zur Erzeugung der KVz-Bereiche, folgende Verfahrensschritte durchgeführt werden:

- q) für jeden KVz-Bereich der Schwerpunkt in Abhängigkeit von dem Ort und dem Bedarf jedes dem KVz-Bereich zugeordneten Verbrauchers ermittelt wird, wobei ein Knoten des KVz-Bereichs den Schwerpunkt und gleichzeitig den Anschlußpunkt

des KVz-Bereichs an das zu erzeugende Telekommunikationsnetzes bildet;

- r) daß jedem Schwerpunkt die Belastung des KVz-Bereichs zugewiesen wird;
- s) daß ein neuer Baum erzeugt wird, derart, daß alle Knoten und Kanten des ursprünglich in Verfahrensschritt III erzeugten Baumes, die die als Knoten festgelegten Schwerpunkte mit der Vermittlungsstelle (7) verbinden, markiert werden; und anschließend alle nicht markierten Verbraucher, Verbraucheranten, Knoten und Kanten des Baumes eliminiert oder für die sich anschließenden Verfahrensschritte nicht mehr berücksichtigt werden.

16. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t**, daß vor Verfahrensschritt Vf) alle Verbraucher (3), deren Bedarf (4) größer als die in Schritt Va) festgelegte Kapazität des KVz's ist, als jeweils ein KVz-Bereich 26 definiert werden, wobei diesen Verbrauchern jeweils soviel Übertragungstechnik zugeordnet wird, daß der Bedarf des jeweiligen Verbrauchers gedeckt ist, derart, daß dem Knoten (15), an den die Grenzkante (Gk) eines derartigen Verbrauchers (3) angrenzt, für den in Verfahrensschritt Vs) zu generierenden neuen Baum (33) ein Bedarf zugeordnet wird, der einem mehrfachen der in Schritt Va) festgelegten Kapazität entspricht, so daß der Bedarf des Verbrauchers gerade gedeckt ist, und daß danach dieser Verbraucher (3) aus dem Baum (Ba) eliminiert wird, wobei der Knoten der Schwerpunkt bzw. Ort des dem Verbraucher (3) zugeordneten KVz's ist.

17. Verfahren zur Bestimmung der Belastung der Kanten (14) des Baumes (Ba) (Verfahrensschritt IV) nach einem der vorherigen Ansprüche, **d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t**, daß zu Beginn allen Kanten (14) des Baumes (Ba) die Belastung „0“ (Null) zugeordnet wird, und daß danach nacheinander von jedem Verbraucher (3) entlang der Kanten (14) und Knoten (15) zur Vermittlungsstelle (7) entlang

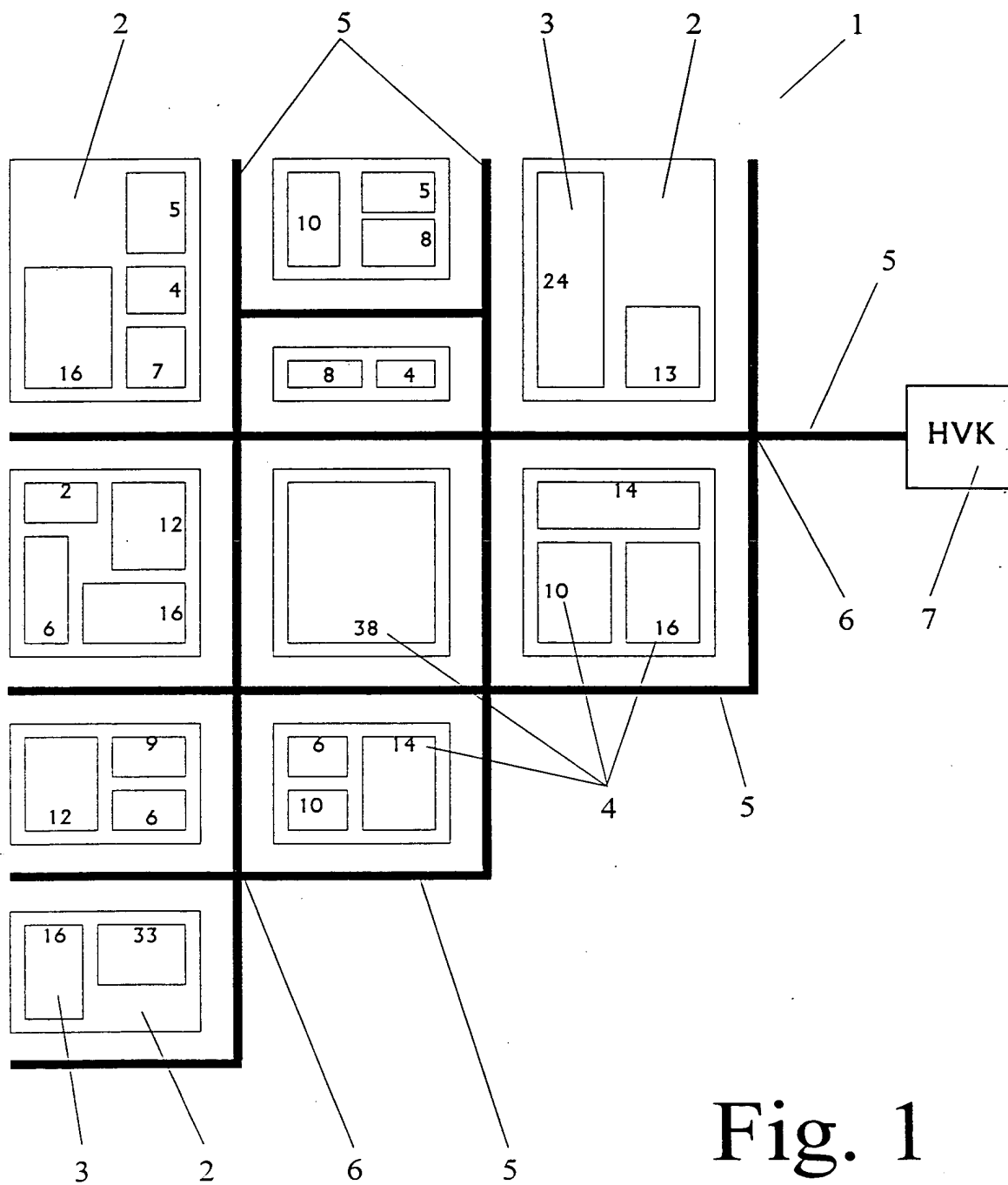
gelaufen wird, und dabei jeder entlanggelaufenen Kante (14) der Bedarf (4) des Verbrauchers hinzuaddiert wird.

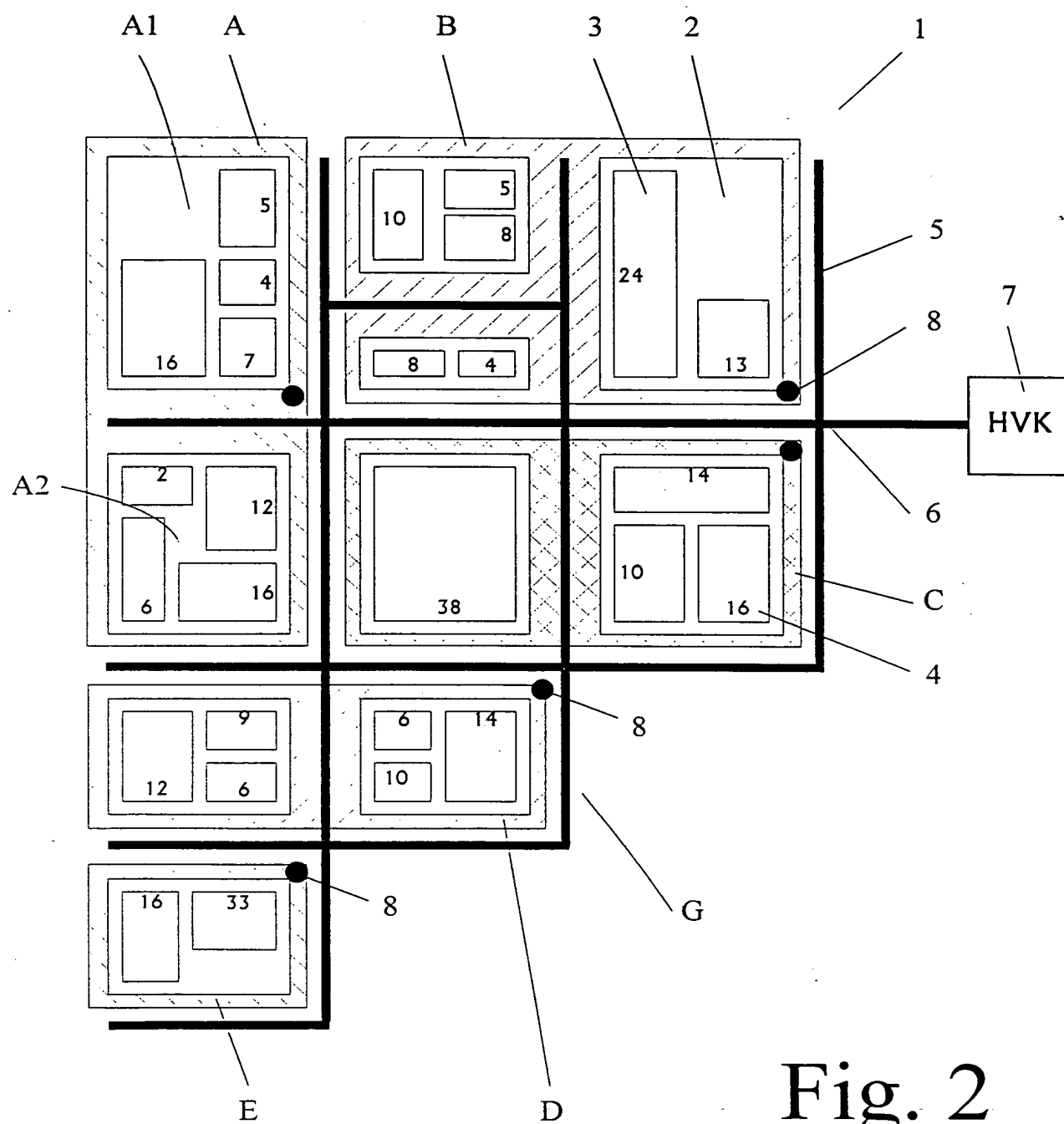
18. Verfahren zur Dimensionierung der Übertragungstechnik und Kabel für die mittels des Verfahrensschritts V gebildeten KVz-Bereiche (26) nach einem der vorherigen Ansprüche, **d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t**, daß folgende Verfahrensschritt nacheinander durchgeführt werden:

- u) allen Kanten (14) des Baumes (Ba) die Belastung „0“ (Null) zugeordnet wird;
- v) von jedem Verbraucher (3) entlang der Kanten (14) und Knoten (15) zum KVz des zum Verbraucher (3) gehörenden KVz-Bereichs (26) entlang gelaufen wird, und dabei jeder entlanggelaufenen Kante (14) der Bedarf (4) des Verbrauchers hinzuaddiert wird;
- w) jeder Kante (14) ein Kabel zugeordnet wird, dessen Kapazität gerade noch die Belastung der jeweiligen Kante (14) deckt;
- x) jedem Knoten (15) eine Übertragungstechnik zugeordnet wird, die die Belastung des jeweiligen Knotens (15) deckt.

19. Verfahren nach Anspruch 18, **d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t**, daß nach Verfahrensschritt Vs) auf den neuen Baum (33) die Verfahrensschritte IV und Va) bis Vs) und u) bis x) angewendet werden, wobei in Schritt Va) eine andere Kapazität und Reichweite für die neu zu erzeugenden KVz-Bereiche (26) der neuen Baumebene festlegbar ist.

20. Anwendung eines Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche bei einem Programm für die Datenverarbeitung.





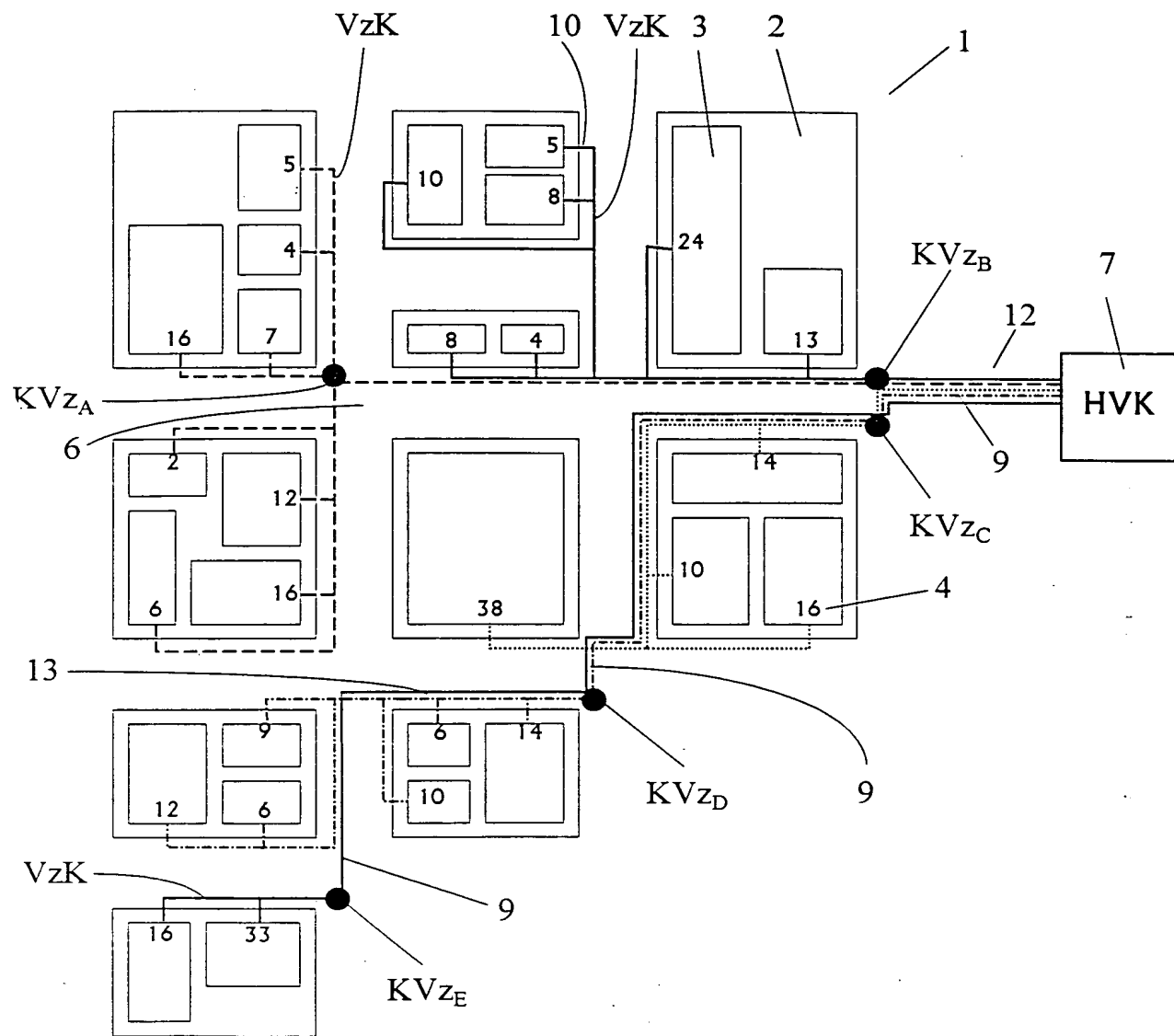


Fig. 3

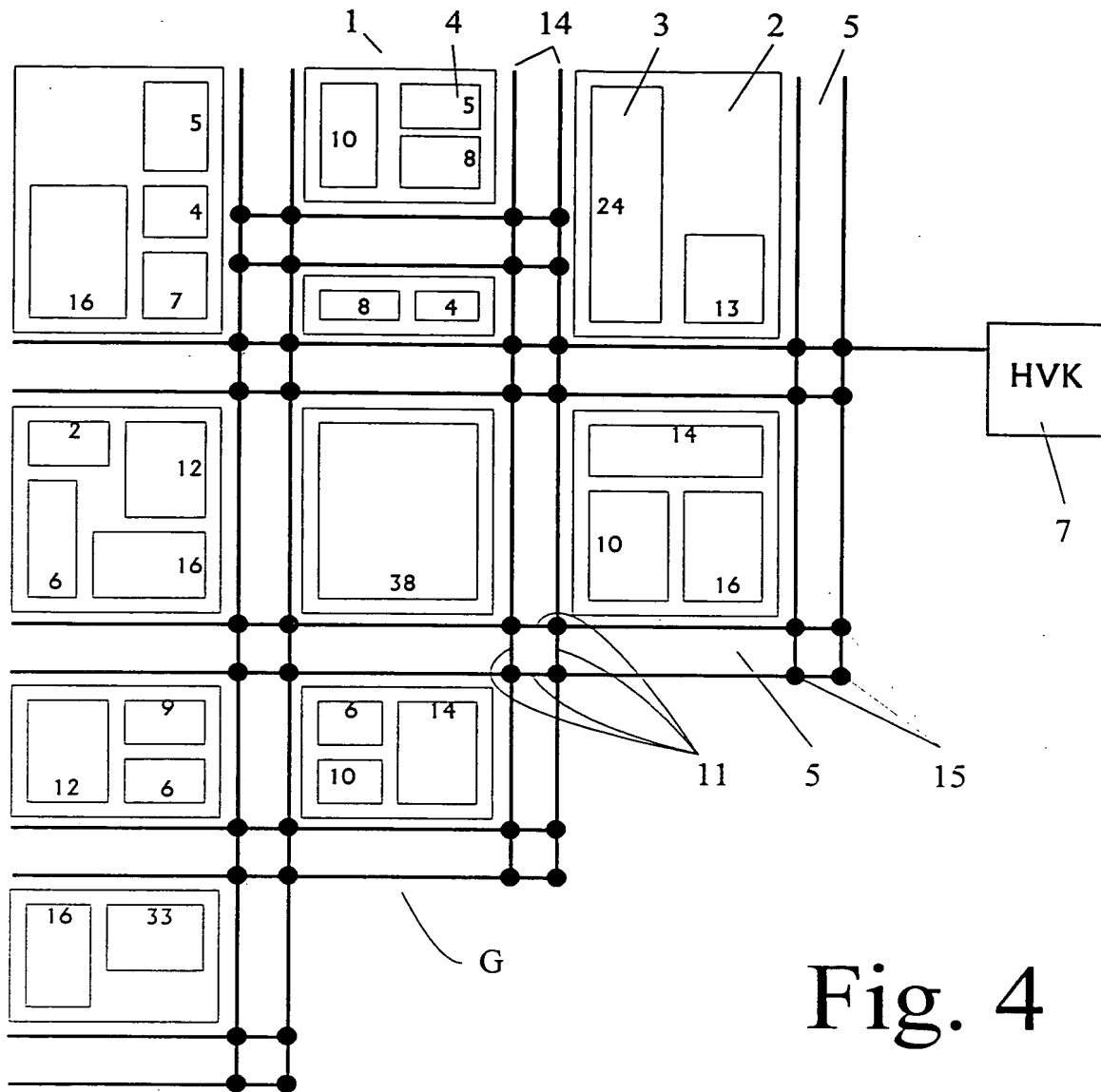


Fig. 4

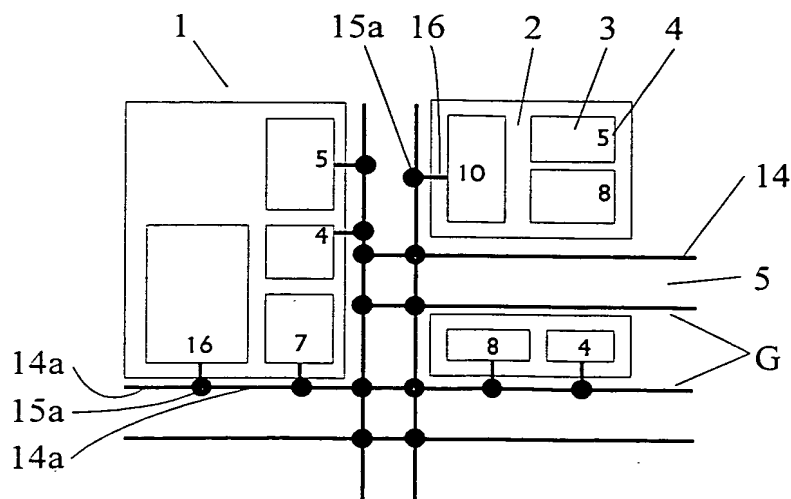
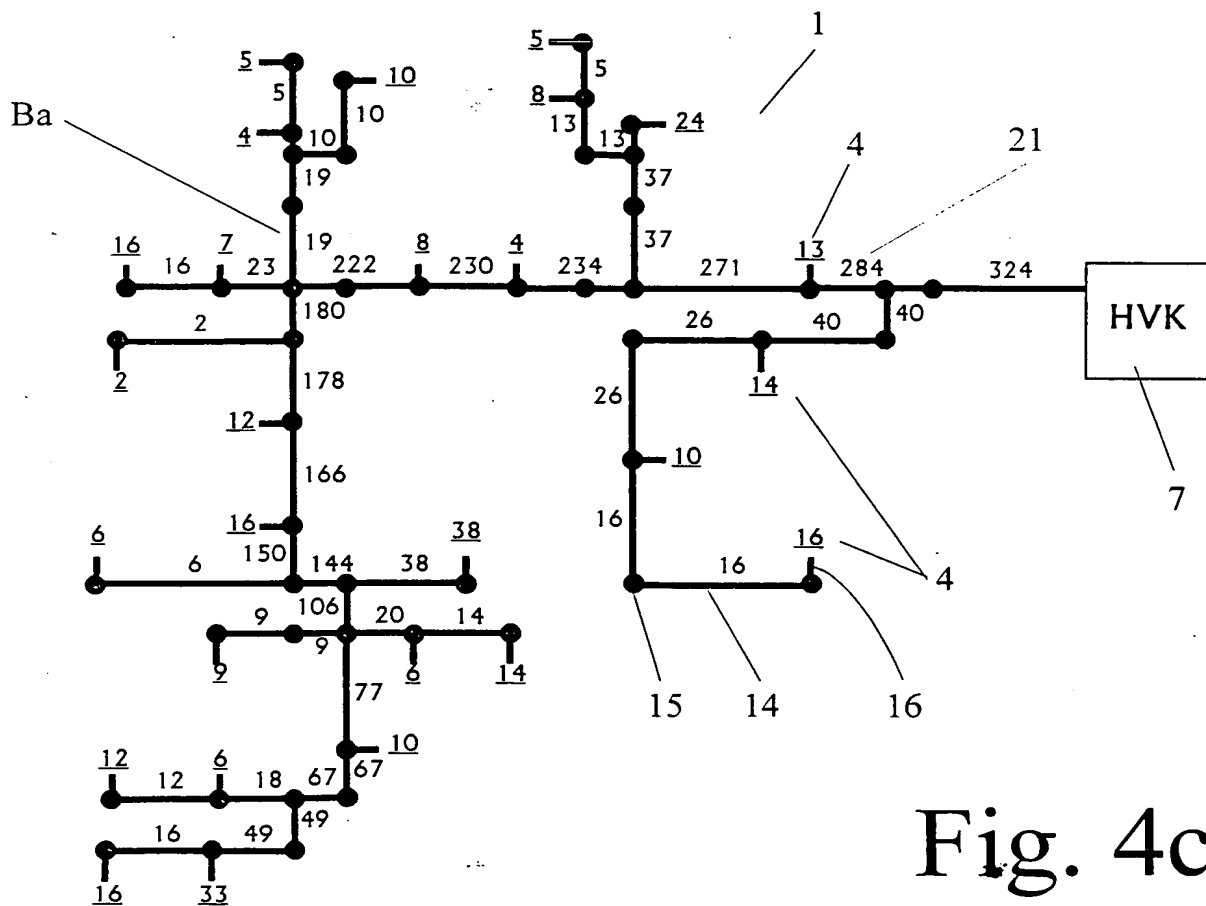
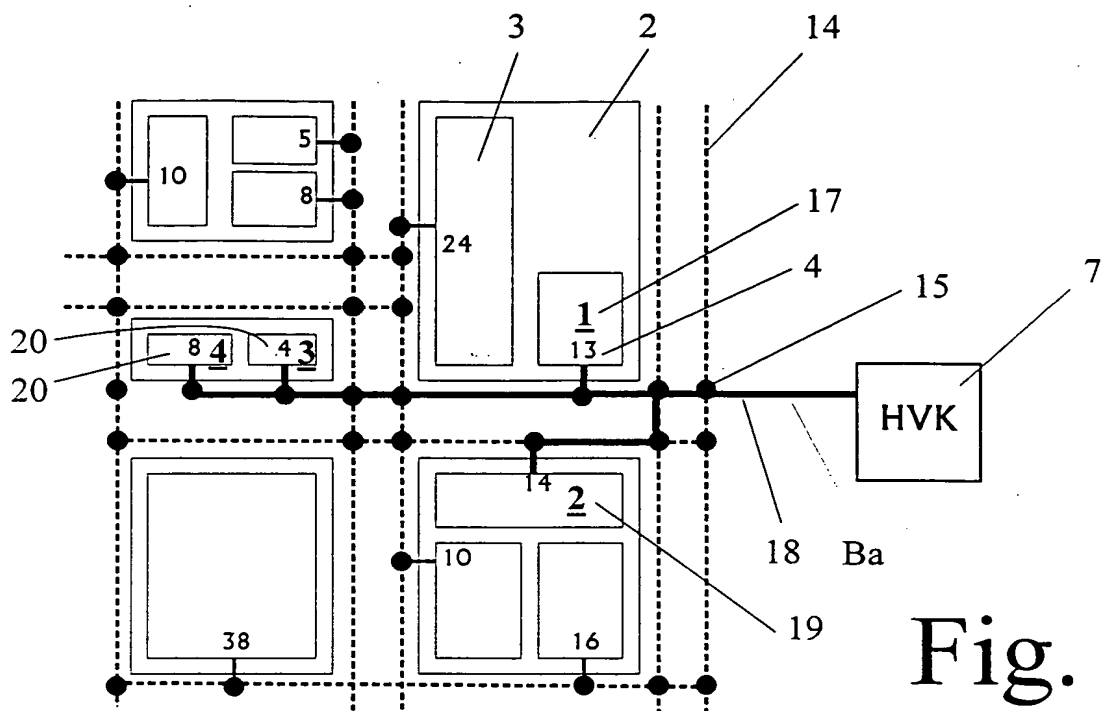
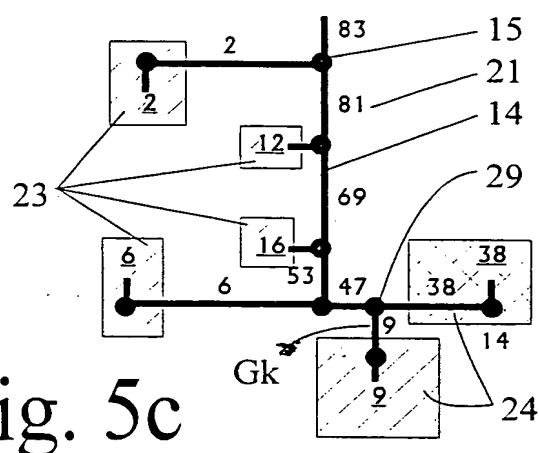
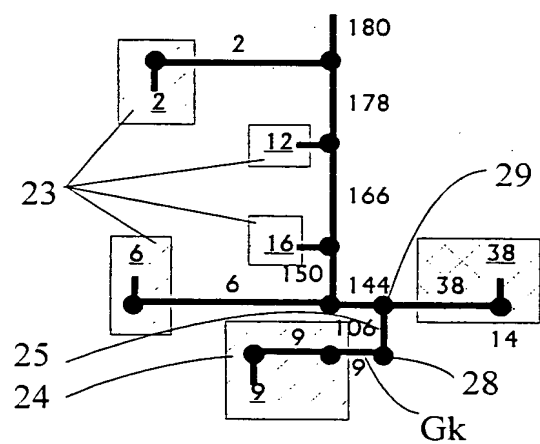
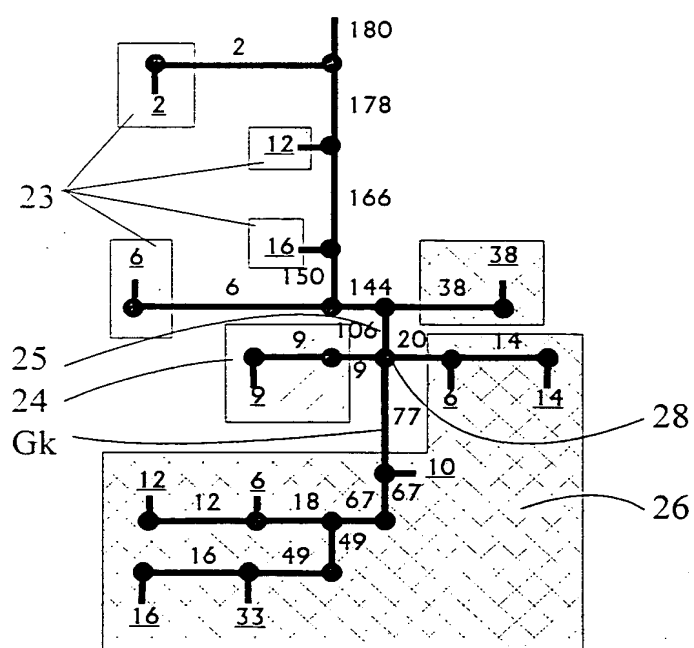
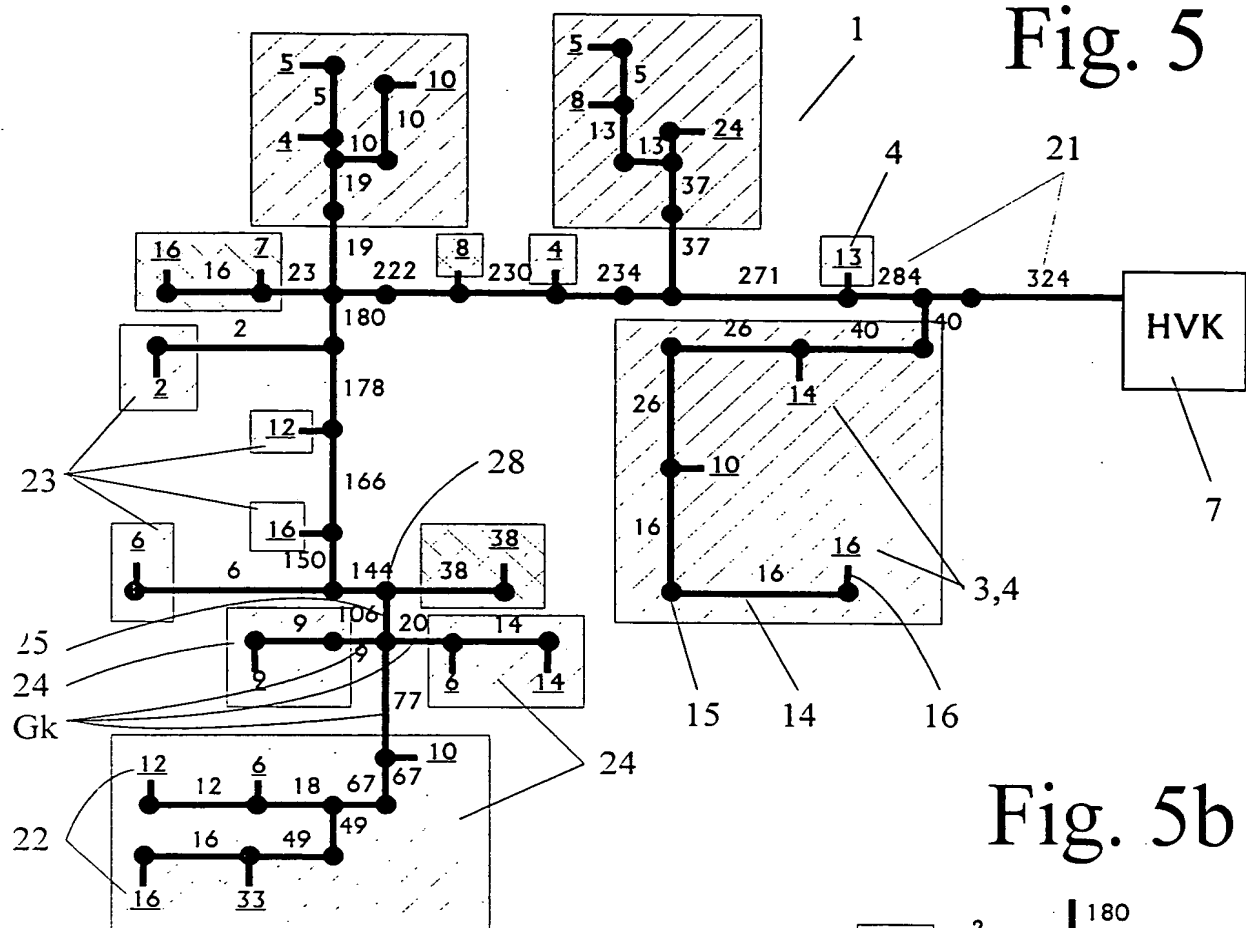


Fig. 4a





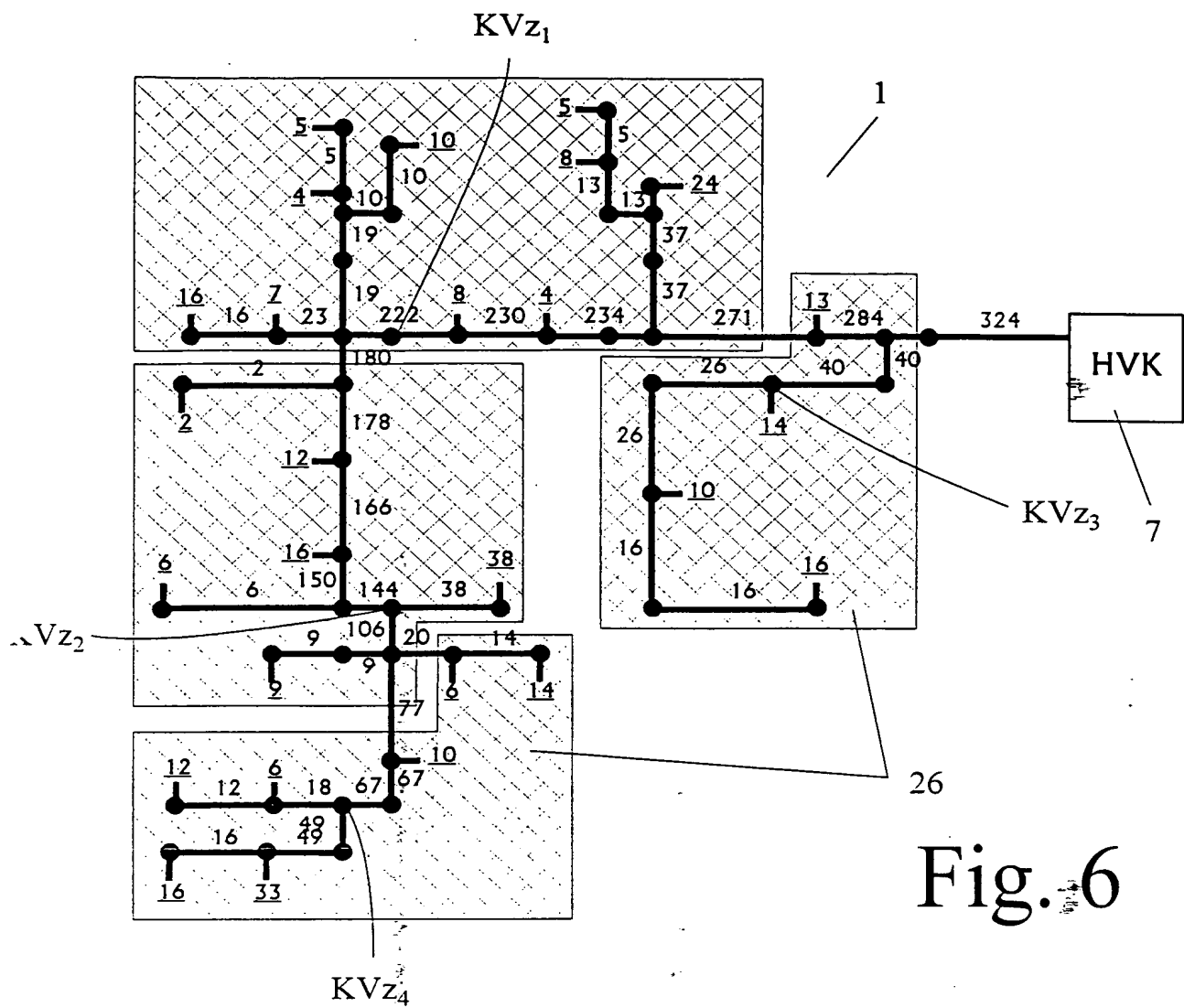


Fig. 6

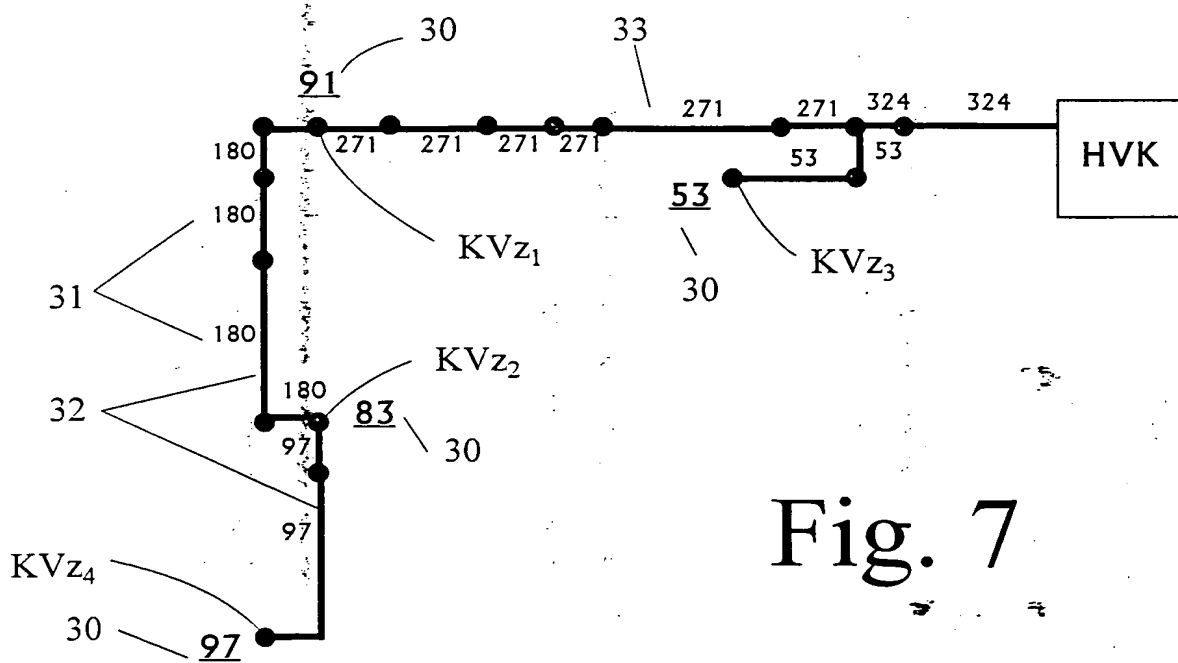


Fig. 7

06.01.1997

GE 56785

Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erzeugung eines Netzes, insbesondere eines Telekommunikations-, Wasser- oder Fernwärmeversorgungs- oder Stromnetzes, wobei das Netz in Abhängigkeit der lokal vorliegenden bzw. vorgebbaren Bedürfnisse und Anforderungen (4) der einzelnen Verbraucher (3), alle Verbraucher (3) mit einem Hauptverteilerknoten (7) verbindet, **g e k e n n z e i c h n e t** d u r c h die Verfahrensschritte:

- I) Generieren eines Graphen (G) bestehend aus Kanten (14) und Knoten (15), wobei der Graph (G) alle technisch möglichen und/oder vorgebbaren Verbindungswege (5) des Netzes umfaßt, und sich die Länge und Richtung der Kanten (14) aus der realen Topographie der Straßenabschnitte und vorgebbaren Netzleitungswege (5) des mittels des Netzes zu versorgenden Gebiets (1) ergibt, und die Knoten (15) die Kreuzungspunkte der Kanten (14) bzw. der Straßen und/oder Netzleitungswege (5) sind;
- II) Zuordnen der Verbraucher (3) zum Graphen (G), derart, daß jeder Verbraucher (3) durch eine zusätzliche Verbraucherkante (16) mit der nächstliegenden Kante (14) oder dem nächstliegenden Knoten (15) des Graphen (G) verbunden wird;
- III) Generieren eines Baumes (Ba) durch Eliminieren nicht benötigter Kanten (14) aus dem Graphen (G), derart, daß zwischen dem Hauptverteilerknoten (7) und jedem Verbraucher (3) nur genau eine Verbindung durch die Verbraucherkanten (16), Kanten (14) und Knoten (15) des Baumes (Ba) besteht;
- IV) Bestimmung der Belastung der Kanten (14) des Baumes (Ba) entsprechend der Bedürfnisse und Anforderungen (4) der Verbraucher (3).

THIS PAGE BLANK (USPTO)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)